

⑧ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 29 37 838 A 1

⑤ Int. Cl. 3:
H 02 P 5/40

⑯ Aktenzeichen:
⑯ Anmeldetag:
⑯ Offenlegungstag:

P 29 37 838.9-32
19. 9. 79
2. 4. 81

(Beförderungsentwurf)

⑰ Anmelder:
Braun AG, 6000 Frankfurt, DE

⑲ Erfinder:
Hoffmann, Dipl.-Phys. Dr., Harald, 2300 Kiel, DE; Raducanu,
Dipl.-Ing., Dan-Corneliu, 6930 Eberbach, DE

④ Verfahren und Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren

DE 29 37 838 A 1

DE 29 37 838 A 1

Offenbach den. 05. September 1979

Akte: 107/20 - Zap/He

2937838

- 1 -

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebsimpulsen beaufschlagten Feldwicklung, insbesondere bei Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren, unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse konstanter Frequenz und Breite erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse mit den Sensorimpulsen nach Breite und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man zusätzlich die konstanten Impulse und die Sensorimpulse pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvoreilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Bremsmoments

- 2 -

130014/0544

und bei einer Polnacheilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.

3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, enthaltend einen Synchronmotor, insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impulsgenerator für die Erzeugung von Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen, dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer (3) eine vom Läufer (2) beeinflußbare Sensorwicklung (5) angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator (14) zur Umsetzung der Sensorsignale in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge des Impulsgenerators (26) und des Komparators (14) einem Phasenvergleicher (31) aufgeschaltet sind, in dem die Sensorimpulse hinsichtlich der Lage der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulsen des Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasenverschiebung (Polnacheilung) dieser proportionale, beschleunigende Antriebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung) dieser proportionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind, welche Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen synchronisiert sind, und daß der Ausgang des Phasenvergleichers der Feldwicklung (4) aufgeschaltet ist.
- 30 4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenvergleicher (31) in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer als ganz-

- 2 -
2937838

- 3 -

zahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung $\epsilon = -1, -2, -3, \dots$)
bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen, und bei einer
Polnacheilung größer als ganzzahlige Vielfache des
5 Polabstandes (Polsprung $\epsilon = 1, 2, 3, \dots$) beschleunigende
Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse
und synchron mit diesen erzeugbar sind.

5. Anordnung nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenvergleicher (31) aus zwei
10 D-Flip-Flops (32,33) und vier NOR-Gattern (35,36,37,38)
besteht, die in der in Fig.1 gezeigten Weise geschaltet sind.

6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen dem Ausgang des Käonverters (14) und
dem Phasenvergleicher (31) eine Entprellstufe (15)
15 für die Abtrennung von Störimpulsen angeordnet ist,
welche durch induktive Ankopplung der Sensorwicklung
(5) an die Feldwicklung (4) in der Sensorwicklung
entstehen.

7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß die Entprellstufe (15) aus zwei D-Flip-Flops
- 20 (17,18) zwei NAND-Gattern (19,20) und zwei NAND-Gattern (21,22) in Flip-Flop-Schaltung besteht, die in
der in Fig.1 gezeigten Weise geschaltet sind,
wobei den D-Flip-Flops (17,18) ein Ausgang des Impulsgenerators (26) aufgeschaltet ist.

- 4 -

130014/0544

8. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) in einer gemeinsamen, radial zum Läufer (2) verlaufenden Ebene angeordnet sind.
9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen von Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) miteinander und mit einem Radius des Läufers (2) übereinstimmen.

Offenbach den, 05. September 1979
2937838

Akte: 107/20 - Zap/He

-5-

- 5 -

BRAUN AKTIENGESELLSCHAFT
Rüsselsheimer Straße 22
6000 Frankfurt am Main

"Verfahren und Anordnung zur Regelung von
Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren."

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung
zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchron-
motoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar
und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebs-
5 impulsen beaufschlagten Feldwicklung, insbesondere bei
Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren,
unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse
konstanter Frequenz und Breite erzeugt.

Bei Synchronmotoren, insbesondere bei solchen auf dem Ge-
lo biet der Feinwerktechnik ist es häufig erforderlich, eine

- 6 -

130014/0544

möglichst konstante Drehzahl und/oder eine möglichst konstante Anzahl von Umdrehungen in einer angegebenen Zeitspanne einzuhalten. Bei impulsgetriebenen Synchronmotoren ist es zusätzlich wünschenswert, auch die Phasenlage der Läuferpole zu den Impulsen, mit der die Feldwicklung beaufschlagt wird, möglichst konstant zu halten, zumal eine zu starke Phasenverschiebung häufig der Anfang einer bleibenden Drehzahlabweichung ist, wenn zum Beispiel die Antriebsimpulse die Pole des Läufers um ganzzahlige 10 Vielfache "überholen", ein Vorgang, den man auch als Pol- sprung bezeichnen kann.

Abweichungen hinsichtlich Drehzahl und Phasenlage sind sowohl auf innere wie auf äußere Einflüsse zurückzuführen. Hierzu gehören unterschiedliche Lastmomente, Reibungs- kräfte und Massekräfte, die auf ein rotierendes System 15 mit entsprechender Massenträgheit einwirken können. Der zuletzt genannte Fall ist insbesondere bei transportablen Uhren und darunter wieder insbesondere bei Armbanduhren gegeben. Eine Stoßempfindlichkeit des Antriebssystems kann zu bleibenden Standabweichungen führen, die sich 20 im Laufe der Zeit zu untragbaren Anzeigefehlern addieren können. Man kann solchen Einflüssen durch eine entsprechende Auslegung des Motors und der Regelung entgegenwirken. Hiermit ist jedoch eine erhöhte Leistungsaufnahme des Motors verbunden, die bei Batterieantrieb entweder zu 25 einem häufigen Batteriewechsel oder zu großdimensionierten Batterien führt. Beides ist insbesondere bei Uhren unerwünscht; großvolumige Batterien sind bei Armbanduhren, insbesondere bei Damenuhren untragbar.

5 Zum Stand der Technik gehören reaktive Synchronmotoren mit mindestens einer Feldwicklung, die mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird, die synchron zur rotatorischen Bewegung des durch den Läufer erzeugten magnetischen Feldes ist. Neben einer hohen Leistungsaufnahme hat ein solcher
10 Motor den Nachteil, daß ein durch einen Polsprung verlorener Impuls nicht mehr einzuholen ist. Ein solches System kann die Anzahl der Umdrehungen in einer vorgegebenen Zeitspanne nicht konstant halten.

Durch die DE-OS 23 05 682 ist es bekannt, einen Uhrenantrieb mit zwei sich hinsichtlich der Frequenz geringfügig unterscheidenden Impulsfolgen untereinander gleicher Impulsbreite zu beaufschlagen, von denen die eine Impulsfolge eine kleinere und die andere Impulsfolge eine größere Frequenz aufweist, als dies theoretisch für eine absolute
15 Ganggenauigkeit erforderlich wäre. Durch geregelte, unterschiedliche relative Einschaltdauer der beiden Impulsfolgen über eine längere Zeitspanne pendelt die Antriebsdrehzahl um einen mittleren Wert. Soweit ein Antrieb durch einen Synchronmotor erwähnt ist, soll die Drehzahländerung des
20 Motors durch Änderung der zugeführten Energie erfolgen, wobei offenbar an zwei unterschiedliche, mittlere, aber in sich konstante Energiepegel gedacht ist. Man kann ein derartiges Regelsystem mit einem Zweipunktregler vergleichen. Der Nachteil des bekannten Systems liegt in einer
25 erheblichen Totzeit, da der Regler bei stoßartigen Gegendrehmomenten nicht schnell genug eingreift. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Drehzahl unter eine Grenze absinkt, die zu einer nicht mehr aufzuholenden Nachteilung
30 führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Regelverfahren und eine Anordnung anzugeben, die ohne merkliche Totzeiten arbeiten, auf ein stoßartiges Gegendrehmoment sofort mit einer entsprechenden Erhöhung der Antriebsleistung des Motors reagieren und dennoch im zeitlichen Mittel eine geringstmögliche Leistungsaufnahme mit sich bringen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs angegebenen Regelverfahren erfindungsgemäß dadurch, daß 10 man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse (des Impulsgenerators) mit den Sensorimpulsen nach Länge 15 und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nachteilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird. Beim Erfindungsgegenstand liefert 20 also der Impulsgenerator, beispielsweise ein Quarzoszillator, nicht die eigentlichen Antriebsimpulse, sondern nur Steuerimpulse, welche die Vergleichsgrundlage bilden. Hieran werden die Sensorimpulse nach Breite und Phasenlage 25 gemessen, wobei es sich ergibt, daß eine zunehmende Impulsbreite auch eine zunehmende Phasenverschiebung signalisiert, weil nämlich die Polbewegung des Läufers, die je nach Polzahl der Drehzahl proportional ist, hinter der Impulsfrequenz zurückbleibt oder ihr vorausseilt. Die Breite der 30 Antriebsimpulse ist dabei dem Maß der Phasenverschiebung proportional. Da die Breite der Antriebsimpulse auch der Leistungsaufnahme des Motors entspricht, wird hierdurch

die Motorleistung unverzüglich, d.h. bei Beginn einer Phasenverschiebung dem Leistungsbedarf angepaßt, so daß unvertretbare Phasenverschiebungen sofort ausge-
regelt werden. Durch die Erfassung der Phasenlage der
5 Sensorimpulse gegenüber den Generatorimpulsen wird ausserdem festgestellt, welches Vorzeichen die Phasen-
verschiebung hat, bzw., ob der Läufer vor- oder nacheilt.
Der Zeitpunkt der Erzeugung der Antriebsimpulse wird dabei gegenüber der jeweiligen Polstellung so gewählt, daß ent-
10 weder eine Brems- oder eine Beschleunigungswirkung auf den Läufer ausgeübt wird.

Durch die angegebenen Maßnahmen wird eine quasi-kontinuierliche Proportionalregelung erzielt, die praktisch keine Totzeit besitzt, so daß ein stoßartiges Gegendreh-
15 moment äußerst kurzfristig, d.h. innerhalb von einem oder zwei Arbeitsimpulsen ausgeglichen werden kann. Der Leistungsbedarf richtet sich dabei ausschließlich nach den äußen Belastungen; er ist im Ruhezustand des Systems ein Minimum.

Für den Fall, daß durch ein über großes stoßartiges Dreh-
20 moment doch einmal ein oder mehrere Impulse nicht zu dem gewünschten Polwechsel führen, also einen Polsprung zur Folge haben, kann das Regelverfahren den Motor zur maximalen Leistungsentfaltung bringen, durch welche der Pol-
sprung wieder aufgearbeitet wird. Dies geschieht gemäß
25 der weiteren Erfindung dadurch, daß man zusätzlich die konstanten Impulse (des Generators) und die Sensorimpulse pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvoreilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Bremsmoments und bei einer Polnacheilung
30 einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses

2937838

zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.

Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Anordnung zur Durchführung des eingangs angegebenen Verfahrens. Diese Anordnung enthält zunächst in herkömmlicher Weise einen

- 5 Synchronmotor; insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impuls- generator für die Erzeugung von Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung
10 der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen.

Eine solche Anordnung ist gemäß der weiteren Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer eine vom Läufer beeinflußbare Sensorwicklung angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator zur Umsetzung der Sensorsignale

- 15 in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge des Impulsgenerators und des Komparators einem Phasenvergleicher aufgeschaltet sind, in dem die Sensorimpulse hinsichtlich der Lage der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulsen des
20 Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasenverschiebung (Polnacheilung) dieser pro- portionale beschleunigende Antriebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung) dieser pro- portionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind,
- 25 welche Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen synchronisiert sind, und daß der Ausgang des Phasenvergleichers der Feldwicklung aufgeschaltet ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes und seine Wirkungsweise werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 7 näher beschrieben.

Es zeigen :

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Synchron-
5 motors mit der gesamten Regelanordnung,

Fig. 2 eine Impulsfolge des Impulsgenerators,

Fig. 3 jeweils im oberen Diagramm die Sensorimpulse
10 und im unteren Diagramm die sich aus dem
bis Vergleich mit den Generatorimpulsen gemäß
7 Fig. 2 ergebenden Antriebsimpulse für
 unterschiedliche Phasen- und Drehzahlab-
weichungen bzw. Polsprünge.

15 In Fig. 1 ist schematisch ein Synchronmotor 1 dargestellt, der einen Läufer 2 und einen Ständer 3 aufweist, in dem eine Feldwicklung 4 und eine Sensorwicklung 5 untergebracht sind. Der Synchronmotor ist als Reaktionsmotor oder reaktiver Motor ausgebildet, d.h. der Läufer 2 ent-
20 hält durch Permanentmagnete gebildete Pole, die abwechselnd angeordnet und mit N und S bezeichnet sind. Durch Beaufschlagung der Feldwicklung 4 mit Impulsen, die beispielsweise eine Frequenz von 16 Hz aufweisen, lässt sich der Läufer 2 auf eine der Polpaarzahl und der Frequenz ent-
25 sprechende Drehzahl bringen, im dargestellten Falle also

auf acht Umdrehungen pro Sekunde. Der Anlauf des Läufers 2 wird durch nicht dargestellte Hilfsmittel ermöglicht, die ebenso wie das Prinzip des Synchronmotors Stand der Technik sind. Die Umdrehungen des 5 Läufers 2 werden über eine Welle 6 auf ein Getriebe 7 und von diesem über eine Welle 8 auf eine Anzeigesystem 9 übertragen, welches beispielsweise eine Analoganzeige mittels mehrerer Zeiger und einem Ziffernblatt ermöglicht.

Die Sensorwicklung 5 wird durch eine Induktionsspule 10 gebildet, die ebenso wie die Feldwicklung 4 im Einflußbereich der Magnetlinien der Pole N und S des Läufers 2 liegt. Ein Ausgang der Sensorwicklung 5 liegt an einem Anschluß 10 eines Spannungsteilers, der aus den Widerständen 11 und 12 besteht. Vom Widerstand 12 führt ein 15 Abgriff 13 in gleicher Weise zu einem Komparator 14 wie der zweite Ausgang 15 der Sensorwicklung 5.

Bei der Rotation des Läufers 2 schneiden die Magnetfeldlinien der Pole N und S periodisch die Sensorwicklung 5, wodurch am Eingang des Komparators 14 eine sinusförmige 20 Spannung mit Nulldurchgängen, das sogenannte Sensorsignal, erzeugt wird. Im Komparator 14, der auch als Impulsformer bezeichnet werden kann, wird das Sensorsignal in Rechteckimpulse umgesetzt, deren senkrechte Flanken an der Stelle der Nulldurchgänge des Sensorsignals liegen. An der Stelle 25 der positiven Kurvenzüge des Sensorsignals liegen die Rechteckimpulse; an der Stelle der negativen Kurvenzüge des Sensorsignals befinden sich die Intervalle zwischen den Impulsen.

Der Ausgang des Komparators 14 ist einer Entprellstufe 30 15 aufgeschaltet, welches die Aufgabe hat, kurze Störimpulse, die durch eine Einstreuung aus der Feldwicklung 4

2937838

in die Sensorwicklung 5 entstehen, zurückzuhalten. Die Entprellstufe 15 enthält einen Inverter 16 und zwei D-Flip-Flops vom Typ MC 14013 (sämtliche hier genannten Typenbezeichnungen sind Katalogware der Firma Motorola/USA).

5 Ausserdem besitzt die Entprellstufe zwei NAND-Gatter 19 und 20 des Typs MC 14011 und zwei NAND-Gatter 21 und 22 des gleichen Typs, die aufgrund ihrer Schaltung ein weiteres Flip-Flop bilden. Die Ausgänge der NAND-Gatter 21 und 22 sind an einen gemeinsamen Anschluß 23 gelegt.
10 Die genannten Teile sind auf die gezeigte Weise geschaltet, so daß auf eine eingehende textliche Erläuterung der Leistungsführung verzichtet werden kann. Von Bedeutung sind noch die Anschlüsse 24 und 25 für die Verbindung mit den nachfolgenden Schaltkreisen.

15 Der gesamten Anordnung ist noch ein Impulsgenerator 26 zugeordnet, der einen Quarzoszillator 27 und einen Frequenzteiler 28 mit zwei Ausgängen aufweist, an denen Rechteckimpulse mit Frequenzen von beispielsweise 16 Hz und 256 Hz anstehen. Der Ausgang mit der Frequenz von
20 256 Hz ist über eine Leitung 29 mit den entsprechenden Eingängen der D-Flip-Flops 17 und 18 verbunden.

Derjenige Ausgang des Frequenzteilers 28, an dem die Frequenz von 16 Hz ansteht, ist über eine Leitung 30 mit einem Phasenvergleicher 31 verbunden, und zwar dort mit
25 einem D-Flip-Flop 32 des Typs MC 14013. Ein weiterer D-Flip-Flop 33 des gleichen Typs ist über eine Leitung 34 mit dem Anschluß 23 der Entprellstufe 15 verbunden. Zum Phasenvergleicher 31 gehören noch zwei NOR-Gatter 35 und 36 des Typs MC 14025 sowie weitere NOR-Gatter 37 und
30 38 des Typs MC 14001. Auch die Teile des Phasenvergleichers

31 sind auf die gezeigte Weise geschaltet, wobei noch erwähnenswert ist, daß ein Eingang des NOR-Gatters 35 mit dem Anschluß 25 und ein Eingang des NOR-Gatters 36 mit dem Anschluß 24 der Entprellstufe 15 verbunden sind.

5 Der Ausgang des NOR-Gatters 38 ist über eine Leitung 39 mit der Feldwicklung 4 verbunden, deren andere Seite an Masse gelegt ist.

Die Wirkungsweise der Anordnung gemäß Fig. 1 wird im Zusammenhang mit den Figuren 2-7 näher erläutert. Die 10 Buchstaben A, B und C am rechten Rand der Figuren 2-7 beziehen sich auf die entsprechend gekennzeichneten Stellen der Leitungsführung in Figur 1, d.h. an den betreffenden Stellen stehen unter den nachfolgend erläuterten Betriebsbedingungen Impulse an, die den in 15 den Figuren 2-7 dargestellten Impulsen entsprechen.

In Fig. 2 sind die Generatorimpulse mit der Frequenz 16 Hz dargestellt. Mit dieser Frequenz wird der eine Eingang des D-Flip-Flops 32 des Phasenvergleichers 31 beaufschlagt. Die betreffende Impulsfolge A wird mit der 20 Impulsfolge verglichen, die aufgrund der Rotation des Läufers 2 in der Sensorwicklung 5 induziert und nach entsprechender Signalverarbeitung am Anschluß 23 (Stelle B) der Entprellstufe 15 ansteht. Die beiden Impulsfolgen werden miteinander verglichen, und zwar ist die Ausgangsfrequenz des Impulsgenerators 26 die (konstante) Sollfrequenz und die Impulsfrequenz an der Stelle B die sogenannte Istfrequenz. Beide Frequenzen sind im Normalfall gegeneinander phasenverschoben. Abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den beiden Frequenzen bzw. der Differenz zwischen der Anzahl der Generatorimpulse (A) und 25 30

der Sensorimpulse (B) über einen vorgegebenen Zeitraum wird eine Folge von Antriebsimpulsen auf der Leitung 39 gebildet (C), deren unterschiedliches Aussehen in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen anhand der Figuren 5 3 bis 7 (jeweils unteres Diagramm) näher erläutert wird. Die Antriebsimpulse werden dabei synchron mit den Sensorimpulsen gebildet; sie liegen aber nur innerhalb deren Flanken und erstrecken sich nicht notwendigerweise über die gesamte Breite der Sensorimpulse. Die Breite der Antriebsimpulse ist dabei sowohl von der Phasenverschiebung als auch von der Differenz zwischen der Sollfrequenz und der Istfrequenz abhängig. Die Lage der Antriebsimpulse am Anfang und/oder am Ende der Sensorimpulse ist dabei abhängig vom Vorzeichen der Phasenverschiebung bzw. von einer Voreilung oder Nacheilung. Je nach der relativen Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen wird ein bremsendes oder beschleunigendes Drehmoment erzeugt, dessen Größe wiederum proportional der Phasenverschiebung und der Frequenzdifferenz ist. Unter "Antriebsimpulse" werden auch solche Impulse verstanden, die einen negativen Antrieb, d.h. eine Abbremsung bewirken.

In Fig. 3 sind die Sensorimpulse (B) gegenüber den Generatorimpulsen (A) phasenverschoben und breiter, was auf eine abgesunkene Drehzahl schliessen lässt. Die Nacheilung des Läufers nimmt zu, und die positive Phasenverschiebung nimmt von φ_1 zu φ_2 zu. Aufgrund des Vergleichs im Phasenvergleicher 31 entsteht dadurch eine Folge von Antriebsimpulsen mit zunehmender Breite, die der Phasenverschiebung proportional sind. Diese Antriebsimpulse treten am Ende eines jeden Sensorimpulses auf, der ja auch die Lage des betreffenden Pols, der den Sensorimpuls erzeugt, zur Feldwicklung 4 anzeigt. Dies geschieht aufgrund der in Fig. 1 gezeigten

räumlichen Lage von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 zueinander, die in einer gemeinsamen, radial zum Läufer 2 verlaufenden Ebene angeordnet sind. Dies kann besonders zweckmässig in der Weise geschehen, daß die Achsen von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 koaxial zueinander ausgerichtet sind und mit einem Radius des Läufers 2 übereinstimmen. Durch die Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen und damit zu den Polen wird ein beschleunigender Antriebsimpuls erzeugt, was symbolisch durch ein "+" angedeutet ist. Diese Impulse haben die Wirkung, die Phasenverschiebung kleinstmöglich zu machen, d.h. auf einen Wert zu bringen, der durch die stationären Antriebsverluste bis zum Anzeigesystem 9 bedingt ist.

Auch Fig. 4 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B), die den Generatorimpulsen (A) nacheilen, d.h., die Phasenverschiebung ist positiv und progressiv. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die Istfrequenz sehr viel stärker von der Sollfrequenz abweicht, ein Vorgang, der durch ein besonders starkes stoßartiges Drehmoment eintreten kann. Aufgrund eines Vergleichs der Sensorimpulse (B) mit den Generatorimpulsen (A) im Phasenvergleicher 31 werden Antriebsimpulse (C) gebildet, die entsprechend breiter sind, wie dies durch den schraffierten Impuls in Fig. 4 angedeutet ist. Der betreffende Antriebsimpuls erzeugt ein sehr viel stärkeres beschleunigendes Drehmoment, um die Phasenverschiebung φ_2 wieder zu verringern. Auch hier ist die beschleunigenden Wirkung des Antriebsimpulses durch die relative Lage zum Sensorimpuls bzw. zum Pol bedingt.

Fig. 5 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B) die gegenüber den Generatorimpulsen (A) voreilt, d.h. die Phasenverschiebung ist negativ. Durch den beschriebenen Vergleich

wird nunmehr im Phasenvergleicher 31 eine Folge von Antriebsimpulsen (C) erzeugt, die eine solche Lage zu den Sensorimpulsen bzw. Polen haben, daß ein bremsendes Drehmoment erzeugt wird. Dies ist durch ein "-" angedeutet.

5 Diese bremsenden oder negativen Antriebsimpulse erzeugen eine weitgehende Wiederherstellung der Übereinstimmung von Generator- und Sensorimpulsen.

In den Figuren 3,4 und 5 sind Verhältnisse dargestellt, bei denen noch kein Polsprung " ε " stattgefunden hat, so der als Umdrehungsabweichung : Polpaarabstand, jeweils in Winkelgraden angegeben, definiert wird. Mit anderen Worten: eine Zählung von Generator- und Sensorimpulsen führt zu einer Übereinstimmung der Impulszahlen.

Anders ist dies in dem anhand von Fig.6 und 7 erläuterten Fall. Hierbei wurde durch den Phasenvergleicher festgestellt, daß z.B. aufgrund extrem starker äußerer stoßartiger Drehmomente eine Polvoreilung oder Polnacheilung eingeleitet worden ist, die größer ist als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes. Dies bedeutet, daß entweder 20 die Generatorimpulse die Sensorimpulse und damit die Pole "überholt" haben (Polnacheilung), oder umgekehrt (Polvoreilung). Dieser Zustand wäre durch eine einfache Proportionalregelung, wie sie anhand der Figuren 3,4 und 5 erläutert wurde nicht wieder zu beseitigen, da eine derartige einfache Regelung 25 einen Polsprung nicht feststellen kann. Diesen Umstand beseitigt jedoch die besondere Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes, wonach der Phasenvergleicher 31 in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung $\varepsilon = -1, -2, -3, \dots$) bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen, und bei einer Polnacheilung

größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung $\epsilon = 1,2,3\dots$) beschleunigende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen erzeugbar sind.

5 Die betreffenden Vorgänge sind in den Figuren 6 und 7 dargestellt.

Bei dem Betriebszustand, dessen Auswirkungen in Fig.6 dargestellt sind, liegt ein Polsprung in Form einer Polnacheilung um ein ganzzahliges Vielfaches vor, d.h. die Folge der Generatorimpulse hat die Folge der Sensor-
10 impulse überholt. In diesem Fall wird ein Antriebsimpuls (C) in voller Breite des Sensorimpulses und synchron mit diesem erzeugt, der aufgrund seines hohen Drehmoments die Polnacheilung wieder aufhebt, d.h. der Läufer 2 wird kurzzeitig so stark beschleunigt, daß der Polsprung zu Null wird.

15 Bei dem Betriebszustand gemäß Fig.7 liegt ein Polsprung in Form einer Polvoreilung vor, d.h. die Folge der Sensorimpulse hat die Folge der Generatorimpulse überholt. Im Phasenvergleicher 31 werden nunmehr durch den bereits beschriebenen Vergleich Antriebsmomente mit starker bremsen-
20 der Wirkung erzeugt, die den Polsprung wieder aufheben.

Es ist dabei anzustreben, den Polsprung ϵ nicht größer als 1 werden zu lassen, insbesondere dann, wenn eine Polnacheilung beseitigt werden soll. Für den Fall einer Polvoreilung kann es jedoch zur Verminderung der elektrischen Antriebsleistung 25 zweckmäßig sein, größere Polsprünge zuzulassen und diese sukzessive auszuregeln, da eine Abbremsung des Läufers 2 durch Reibungskräfte ohnehin erfolgt.

Die Anordnung gemäß Fig. 1 kann für Batteriespannungen über 3 Volt mit herkömmlichen CMOS-Schaltkreisen aufgebaut werden (Complementary Metal Oxide Semiconductor Circuits.). Die Verbindung der Batterie mit der Anordnung 5 gemäß Fig.1 ist nicht besonders dargestellt, sondern nur durch "⊕" dargestellt.

Mit der dargestellten Anordnung sind nur einfache Polsprünge ($\varepsilon = \pm 1$) erfaßbar. Sofern mehrfache Polsprünge ($\varepsilon = \pm 2, 3, \dots$) ausgeregelt werden sollen, 10 sind die Flip-Flops 32 und 33 durch Auf-Abwärts-Zähler- oder durch Rechts-Links-Schieberegister zu ersetzen.

- 21-

2937838

Nummer:
Int. Cl. 3:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

29 37 838
H 02 P 5/40
19. September 1979
2. April 1981

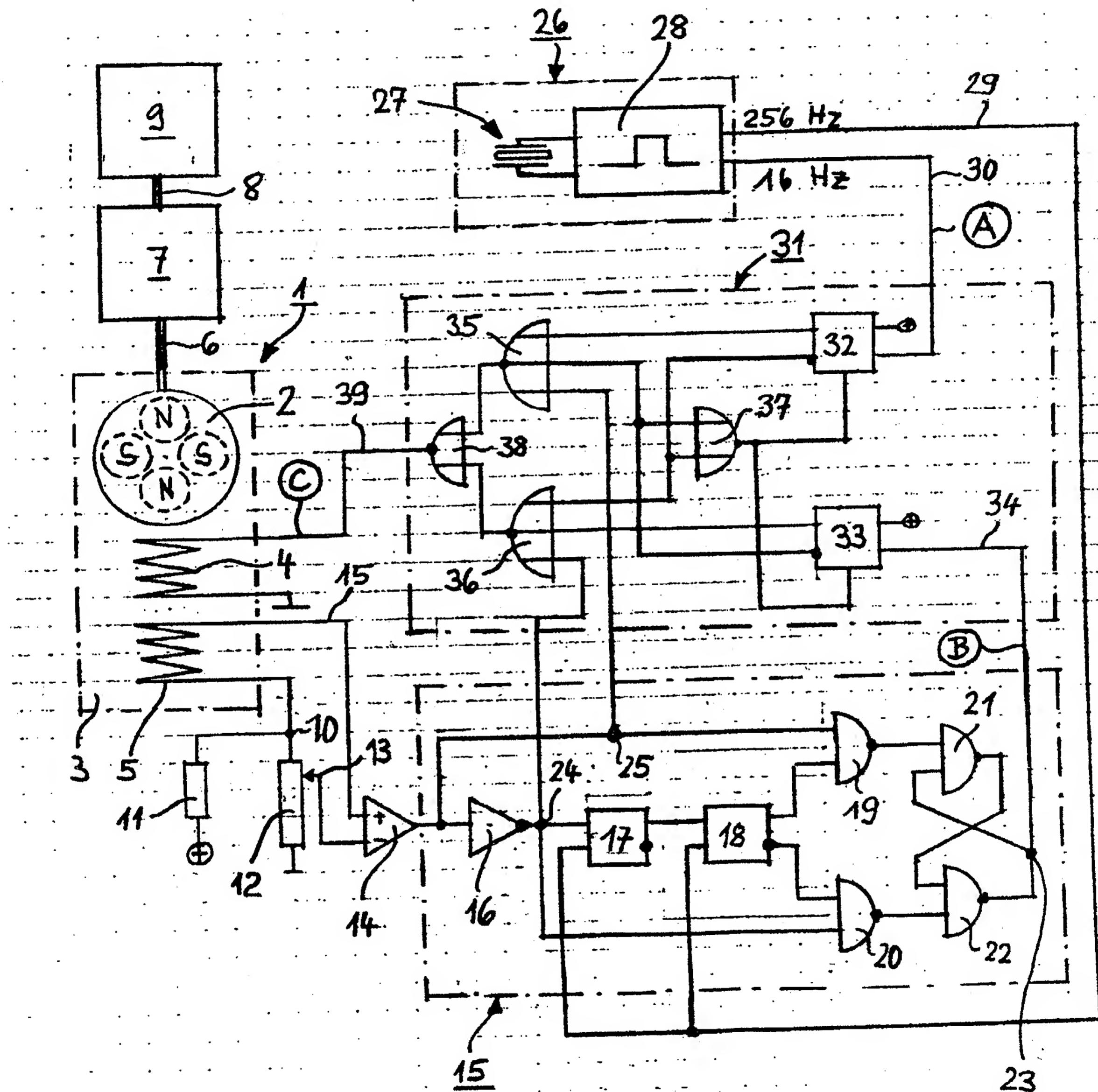


FIG. 1

130014/0544

ORIGINAL INSPECTED

- 20 -

2937838

FIG. 2

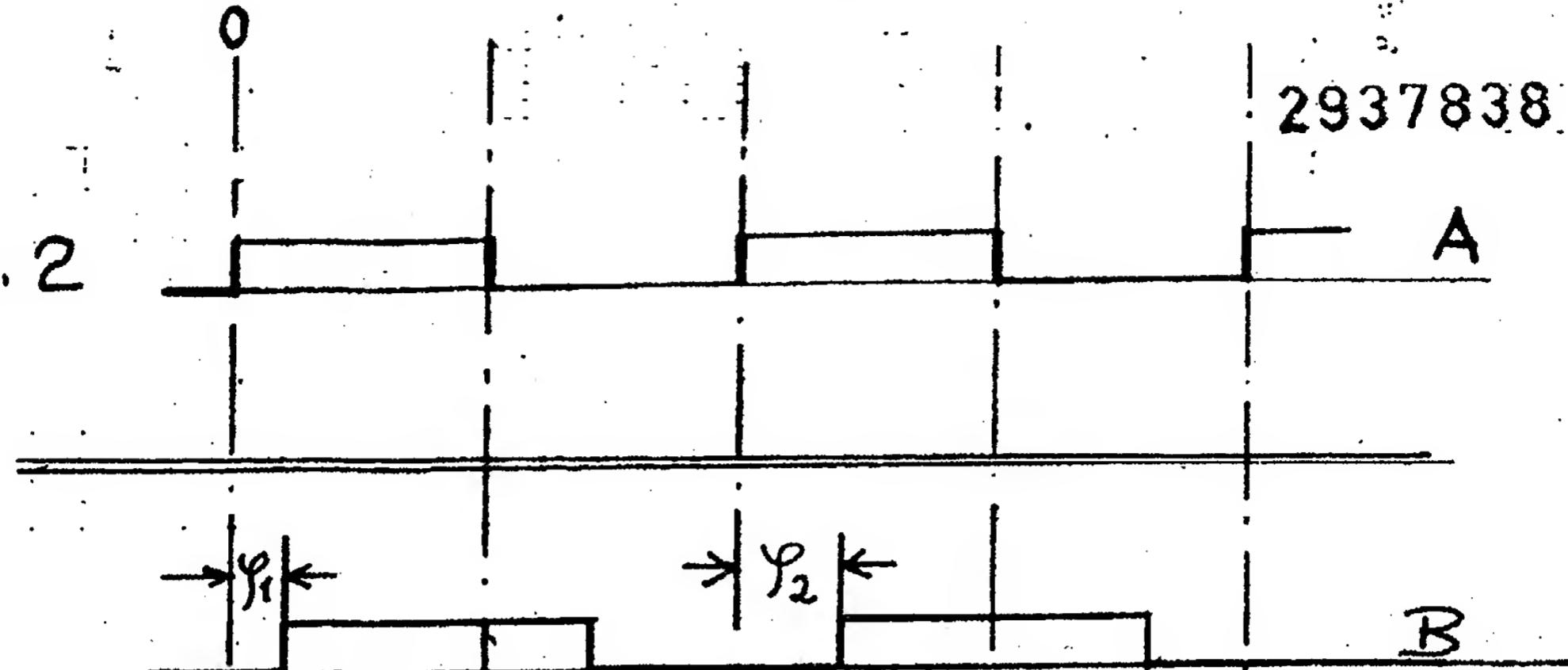


FIG. 3

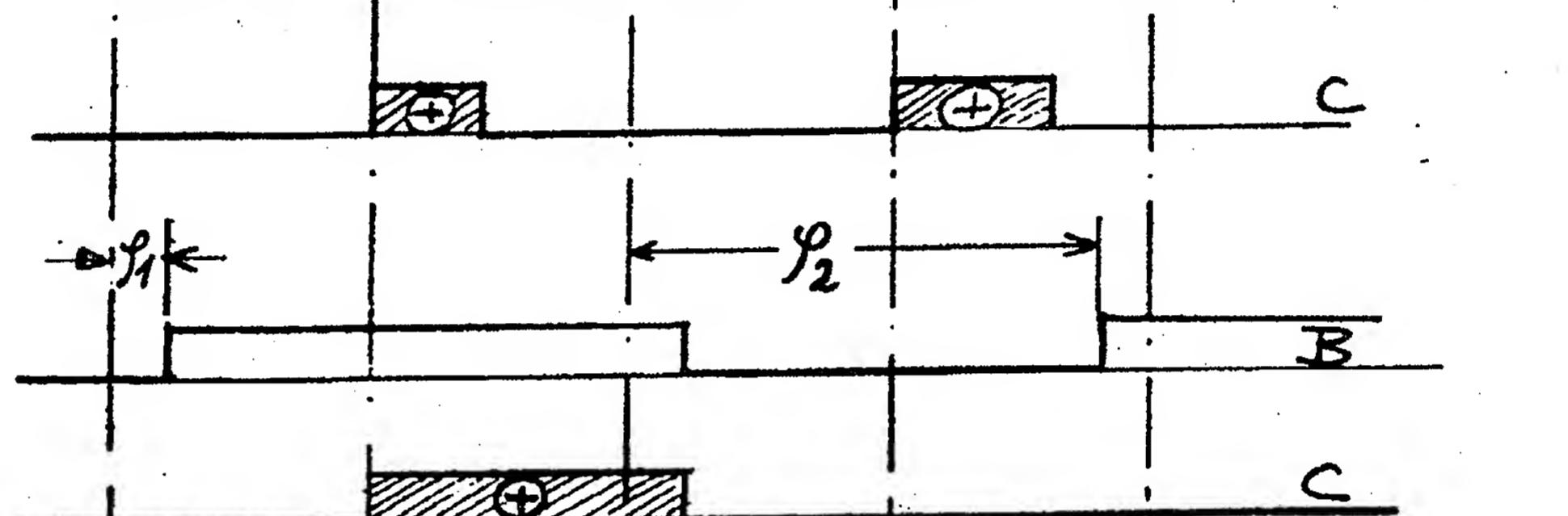


FIG. 4

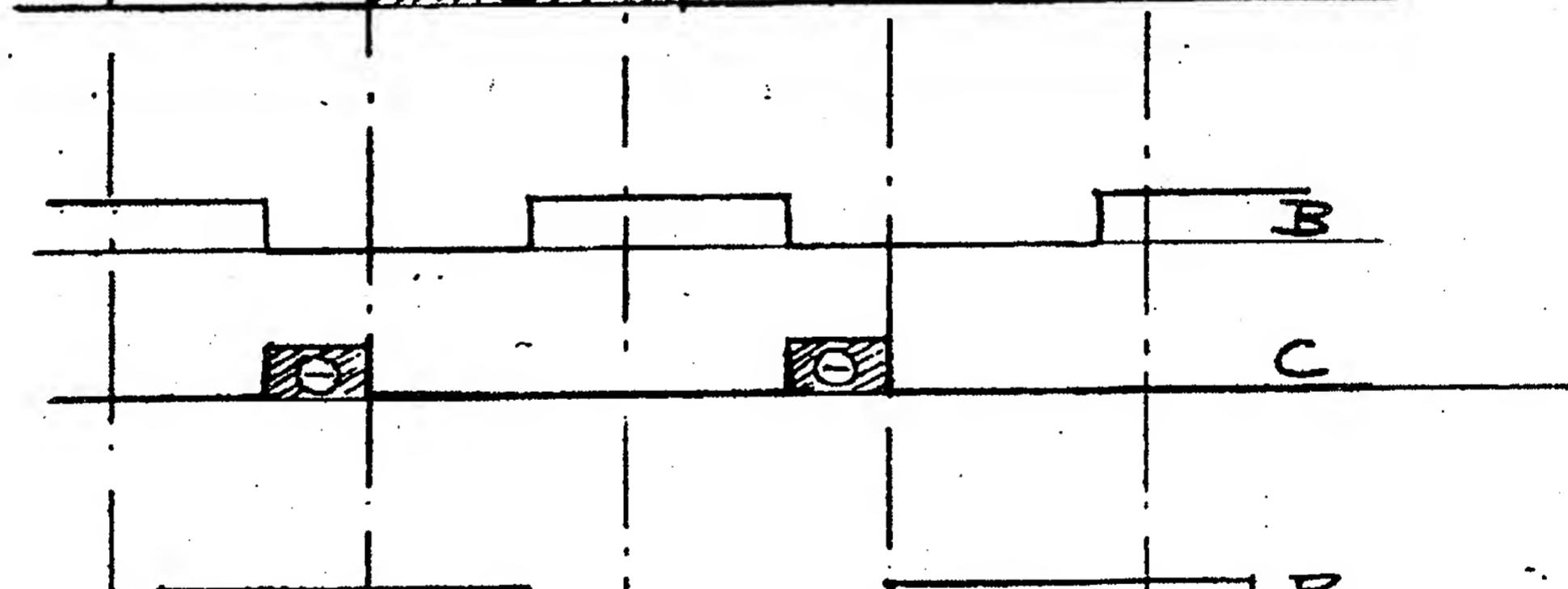


FIG. 5

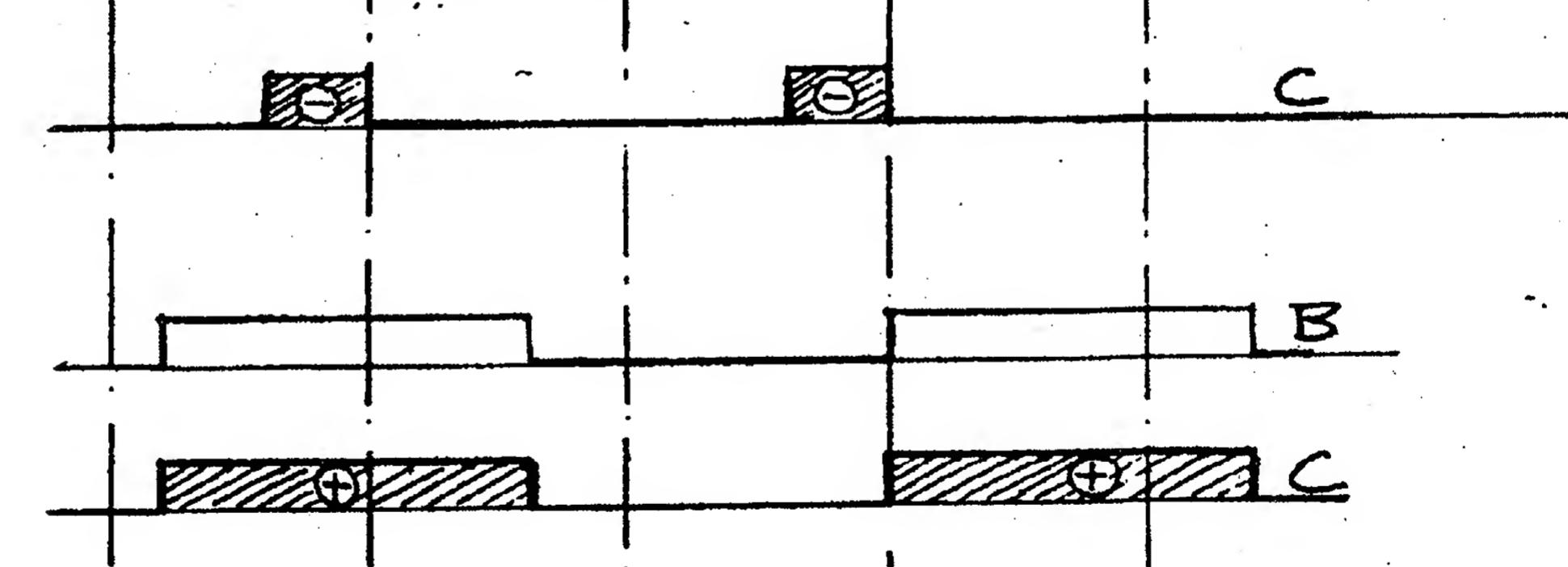


FIG. 6

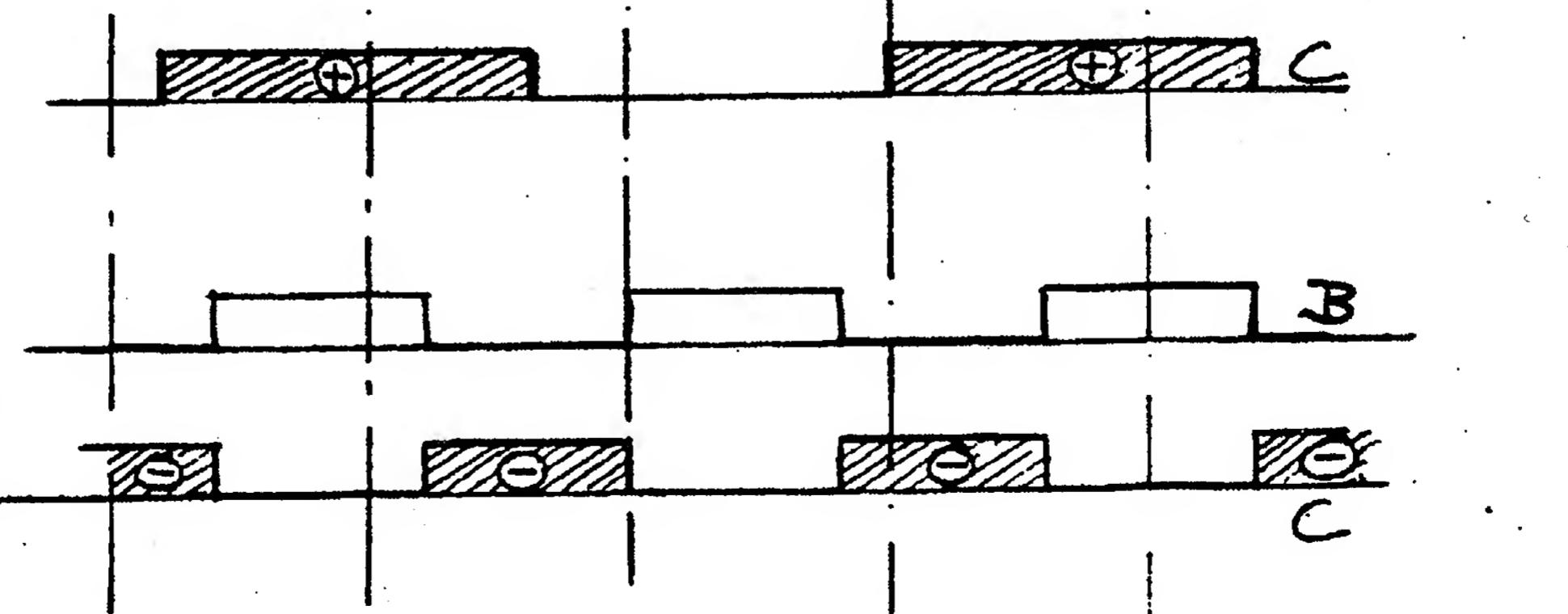


FIG. 7



130014/0544

ORIGINAL INSPECTED